

## Caracterización ecofisiológica de cuatro clones de yuca del banco de germoplasma del INIA-CENIAP

### Ecophysiological characterization of four clones of cassava from genebank at INIA-CENIAP

Rommel León Pacheco\*, Mercedes Pérez Macias, María Gutiérrez Trocel, Adrián Rodríguez Izquierdo, Francia Fuenmayor Campos y Carlos Marín Rodríguez

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Código postal 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. \*Correos electrónicos: leonr745@hotmail.com, leon@inia.gob.ve

#### RESUMEN

En áreas donde la sequía es prolongada y es la mayor limitante para el éxito de los cultivos alimenticios, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una buena alternativa. Sin embargo, este cultivo a pesar de su rusticidad es afectado por ambientes extremos. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial fisiológico y agronómico de cuatro clones de yuca promisorios en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Maracay, estado Aragua, Venezuela. Las variedades Bolívar 32, Concha rosada, CM 6740-7 y Per 183, fueron evaluadas bajo un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial 4x9, correspondiente a cuatro clones de yuca y 9 meses de evaluación respectivamente, con tres repeticiones. Los resultados indicaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre variedades, para las variables número de hojas/planta (NHP), área foliar (AF), altura de planta (AP) y longitud del pecíolo (LP). Además, hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre la interacción clon y meses para las variables AF ( $\text{cm}^2$ ), LP (cm), fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). De esta forma, al realizar el análisis multivariado por componentes principales, se observó divergencia entre los cuatro clones evaluados. Por último, las variables conductancia estomática, transpiración, fotosíntesis y NHP no mostraron diferencias significativas por el reducido número de clones evaluados. La tasa de fotosíntesis obtenida para este cultivo presume un comportamiento de metabolismo de una C3-C4.

**Palabras claves:** *Manihot esculenta* Crantz, descriptores fisiológicos, descriptores agronómicos.

#### ABSTRACT

Where prolonged drought is a major constraint for the success of food crops, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an alternative under these conditions. However, despite its hardiness this crop is affected by the environmental extremes. Therefore, the aim of this study was to evaluate the physiological and agronomic potential of four promising clones of cassava in the Experimental Field of the National Agricultural Research Center (INIA-CENIAP), Maracay, Venezuela. The cultivars Bolívar 32, Concha rosada, CM 6740-7 y Per 183 were evaluated using a completely randomized design with factorial arrangement (4\*9), corresponding to four cultivars of cassava and nine months evaluation, respectively, with three replications. The results indicated cultivars differences ( $P \leq 0.05$ ) for number of leaves/plant, leaf area, plant height and petiole length. Leaf area ( $\text{cm}^2$ ), petiole length (cm), photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), stomatal conductance ( $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) and transpiration ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) showed a significant effect ( $P \leq 0.05$ ) between month and clone interaction. With the principal component multivariate analysis, the four clones showed divergence among them. Finally, stomatal conductance, transpiration, photosynthesis and leaf number did not showed significant differences due to the small number of clones evaluated. Photosynthetic rate obtained for this crop presumed a C3-C4 metabolism.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, physiological descriptors, agronomic descriptors.

## INTRODUCCIÓN

La yuca es uno de los cultivos mejor adaptados a amplias condiciones ambientales tropicales y con alta resistencia a la sequía. Es producida por agricultores de escasos recursos económicos, en suelos pobres e inapropiados para otras plantas con fines alimenticios y considerada una de las principales fuentes de carbohidratos para la subsistencia; lo que le da un alto valor social (Montaldo y Montilla, 1996).

La producción mundial total de yuca alcanzó los 272 millones de toneladas para el 2006. Actualmente, los primeros cuatro países productores (Nigeria, Indonesia, Tailandia y República Democrática del Congo) producen 98.467.800 t (FAO, 2012). En Venezuela, es el cultivo con mayor superficie cosechada en el renglón de raíces y tubérculos, con 56.635 ha, con un volumen de producción de 732.123 t y rendimiento de 12.927 t ha<sup>-1</sup> (FEDEAGRO, 2013).

Sin embargo, la planta frente al déficit hídrico en distintas fases fenológicas, disminuye su rendimiento y la calidad de hojas y raíces (Mejía, 2002; López y Ramírez, 2006; Ramos, 2007; Tofiño *et al.*, 2008; Portuondo y Ortega, 2012).

Este cultivo ajusta su eficiencia fotosintética a la máxima intensidad de luz, a la temperatura, al estado fisiológico, a factores genéticos, a la apertura y cierre de estomas; los cuales, a su vez están determinados por el estado hídrico de la planta y por la humedad relativa del aire. La yuca tiene una capacidad fotosintética relativamente alta, con tasas de 35-45  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Mejías, 2002; Calatayud *et al.*, 2000). Esto debido a que la especie presenta características fisiológicas C3-C4, acumulando PEP-carboxilasa o Rubisco, dependiendo de las condiciones ambientales que enfrenta el cultivo (El-Sharkawy, 2012).

En este sentido, El-Sharkawy *et al.* (1992) y Mejía *et al.* (1997) hacen referencia de la correlación significativa entre variables fisiológicas y de productividad. Asimismo, El-Sharkawy *et al.* (1990) mencionan la variación que se produce en la fotosíntesis bajo diferentes condiciones ambientales.

Por otra parte, Fuenmayor *et al.* (2005) señalan la necesidad de recolectar clones de yuca y formar colecciones o bancos de germoplasma, para

evaluarlos y caracterizarlos agronómicamente, mediante el uso de descriptores definidos que permitan la sistematización de los caracteres estudiados en todos los clones; y su adaptación a las diferentes condiciones agroecológicas.

En la actualidad en el banco de germoplasma del CENIAP se mantienen 191 clones en campo, de los cuales 34 se encuentran *in vitro*, y están siendo caracterizados a través de descriptores bioquímicos, moleculares y morfológicos (Fuenmayor *et al.*, 2005).

Al mismo tiempo, en el banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, cuenta con 293 entradas de yuca, parcialmente caracterizadas morfológica, agronómica y molecularmente (Polanco, 1998; León *et al.*, 2013; Marín *et al.*, 2008).

En vista de lo expuesto anteriormente, es necesario mejorar la producción en cantidad y calidad del cultivo, de manera eficiente y sustentable, a través del desarrollo de modelos y el estudio de variables ecofisiológicas, que permitan explicar y predecir el impacto de variaciones climáticas y edáficas en la plantación.

Una estrategia sugerida a corto plazo para la selección eficiente de genotipos tolerantes a la sequía, implica, además de la caracterización agronómica de caracteres de interés, la utilización de análisis bioquímicos y fisiológicos que disminuyan el efecto de la interacción genotipo-ambiente en la selección de parentales (Tofiño *et al.*, 2008).

Actualmente, en el país son pocos los trabajos relacionados con la ecofisiología en este cultivo, por lo que surge la necesidad de esta investigación, cuyo objetivo es estudiar el potencial fisiológico y agronómico de los clones de yuca en las distintas fases fenológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental del INIA-CENIAP, Maracay, estado Aragua, en clima seco tropical, latitud norte 10°15', longitud oeste 67°36', altura 450 m.s.n.m. y una precipitación promedio anual de 1.179,2 mm.

## Material vegetal

Se estudiaron cuatro clones de yuca: 'Bolívar 32', 'Concha rosada', 'CM 6740-7' y 'Per 183'; previamente seleccionados en función de su comportamiento potencial.

## Descripción del experimento

Se estableció un ensayo experimental mediante la siembra de estacas de los clones de yuca en un suelo franco limoso. La unidad experimental (UE) estuvo conformada por 20 hilos de 10 m de longitud con un área de 200 m<sup>2</sup>/UE. Se sembraron 220 plantas/UE con un hilo de bordura de 10 m por UE. La fertilización se realizó con la aplicación de 50 g planta<sup>-1</sup> de fórmula completa al momento de la siembra y reabono con 50 g planta<sup>-1</sup> de urea a los 3 meses después de la siembra. El riego se realizó semanalmente durante los primeros meses hasta extenderse cada 15 días de forma complementaria. El control de malezas, plagas y enfermedades fue uniforme en toda la plantación.

## Diseño del experimento

En condiciones de campo, se estableció un ensayo experimental con cuatro clones de yuca, sembrados a 1 metro entre plantas y 11 plantas por hilo, con un diseño completamente aleatorizado, bajo un arreglo de tratamientos factorial en el tiempo 4x9, correspondiente a cuatro clones de yuca y 9 meses de evaluación, respectivamente.

## Caracterización fisiológica y agronómica

Las variables fisiológicas y agronómicas fueron medidas mensualmente a partir del cuarto mes de sembrado el cultivo hasta el mes doce. El Cuadro 1 muestra la forma, época de medición y número de repeticiones que se realizaron para medir las variables previstas en este estudio.

## Análisis de los resultados

Previo al cumplimiento de los supuestos, se estudiaron el conjunto de datos con un análisis de

Cuadro 1. Descriptores utilizados para la caracterización ecofisiológica de cuatro clones de yuca de la colección de germoplasma del INIA-CENIAP.

Descriptor	Edad del cultivo	Forma de la medición	Medición/clon
Transpiración (mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	04-12 mes	Equipo Photosynthesis System CI-340.	3 hojas/planta
Conductancia estomática (mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	04-12 mes	Equipo Photosynthesis System CI-340.	3 hojas/planta
Fotosíntesis (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	04-12 mes	Equipo Photosynthesis System CI-340.	3 hojas/planta
N° de hoja/planta	04-12 mes	Se midió el número total de hojas de la planta.	3 plantas
Altura de la planta (cm)	04-12 mes	De parte basal a parte apical del tallo.	3 plantas
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	04-12 mes	Se evaluó en las hojas del tercio medio de la planta con el programa Imagej®.	3 hojas/planta
Pecíolo (cm)	04-12 mes	Se evaluó en las hojas del tercio medio de la planta desde inserción a parte distal .	3 hojas/planta
Peso fresco total de raíz (kg)	mes 12	Se pesó total de raíces por planta.	3 plantas
Número de raíces totales	mes 12	Número total de raíces/planta	3 plantas
Número de raíces comerciales	mes 12	N° raíces comerciales (mayor 20 cm de longitud y mayor 4 cm de diámetro).	3 plantas
Peso de raíces comerciales (kg)	mes 12	Peso de raíces comerciales (mayor 20 cm de longitud y mayor 4 cm de diámetro).	3 plantas
Materia seca (%)	04-12 mes	Se midió con el peso seco y fresco de la hoja.	3 plantas
Biomasa de hoja (g)	04-12 mes	Se midió con el peso seco y fresco de la hoja.	3 plantas
Peso aéreo (kg)	mes 12	Se pesó toda la parte aérea de la planta	3 plantas

varianza, prueba de media de Tukey, con un nivel de significancia menor o igual al 5% y análisis multivariado por componentes principales con el uso del programa Infostat versión estudiantil.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el desarrollo del trabajo se presentan las pruebas de medias solamente de las variables que mostraron diferencias significativas en el análisis de la varianza con un nivel de significancia menor o igual al 5%.

### Caracterización ecofisiológica

#### Comportamiento fisiológico

Las variables transpiración (E) y conductancia estomática (CE), no mostraron diferencias significativas entre los clones estudiados ( $P \leq 0,05$ ) durante todo el ciclo del cultivo; con valores que oscilaron entre 1,27-1,61 mmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y 94,63-138,4 mmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. Igualmente, ocurrió con las interacciones clon por mes para ambas variables, donde solamente hubo diferencias para el mes 4 (Figura 1). Caso contrario ocurrió en el estudio de Alves (2002) en EMBRAPA, Brasil, donde se observó diferencias en E y CE bajo condiciones de estrés en distintas fases fenológicas del cultivo.

De igual forma, Mejía (2002), Salisbury y Ross (1992) y Taiz y Zeiger (2006), mencionan que un mecanismo de defensa de la planta al déficit de agua, es reducir la pérdida de agua por unidad de área; lo cual se logra incrementando la resistencia al flujo de agua en el trayecto entre el suelo y la atmósfera, reduciendo la CE, por lo que debería encontrarse diferencias en esta variable en las distintas fases fenológicas.

Por lo demás, en este trabajo no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para la variable fotosíntesis (F) en los distintos clones evaluados, con valores que oscilaron entre 11,14-16,63 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Sin embargo, los distintos cultivares de yuca mostraron un comportamiento diferencial para esta variable en las distintas fases de crecimiento (Cuadro 2); coincidiendo con lo señalado por Mejías (1997) en una investigación realizada en cultivares de yuca sembrada en ambientes

contrastantes con valores de F de 7-31 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. De igual forma, Calatayud *et al.* (2000) obtuvieron valores para esta característica en plantas jóvenes con estrés y sin estrés de 12,5 y 4 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente y para plantas viejas de 2,6 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> sin estrés y 0,6 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> con estrés.

Esta variable es de suma importancia, ya que la planta ajusta su eficiencia fotosintética a la fluctuación de factores como máxima intensidad lumínica, temperatura, estado fisiológico, factores genéticos y regulación estomática, dependiente del estado hídrico del continuo suelo-planta-atmósfera (Mejía, 2002). El éxito del cultivo de la yuca para soportar el estrés hídrico, es su capacidad para regular rápidamente numerosos procesos metabólicos frente a cambios de condiciones ambientales favorables a desfavorables (Tofiño *et al.*, 2008).

Por otra parte, el número de hojas entre los clones y los meses estudiados, mostró como máximo valor 305 hojas y un mínimo de 181 hojas. En este aspecto, Suárez y Mederos (2011) indican que el número total de hojas producidas por la planta (NHP) y su longevidad son características varietales, profundamente influidas por las condiciones ambientales. No obstante, por el número tan pequeño de clones evaluados, hubo la posibilidad de que los materiales no logran diferenciarse para esta variable, siendo afectados de igual forma por las condiciones ambientales.

### Comportamiento agronómico

La altura de planta (AP) tuvo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para los distintos clones con valores entre 2,17-2,62 m, sobresaliendo el Per 183, como se muestra en el Cuadro 2; pero no mostró diferencias entre las interacciones de los clones con el tiempo. Montaldo (1996) agrupa la escala para las AP en: bajos (menores a 1,5 m), intermedios (1,50 a 2,5 m) y altos (más de 2,5 m); prefiriéndose agrónomicamente los de porte intermedio a alto, debido a la facilidad para las labores culturales.

Caso contrario reportaron Marín *et al.* (2008) y León *et al.* (2013), en el banco de germoplasma de yuca del INIA-CENIAP con introducciones del CIAT-

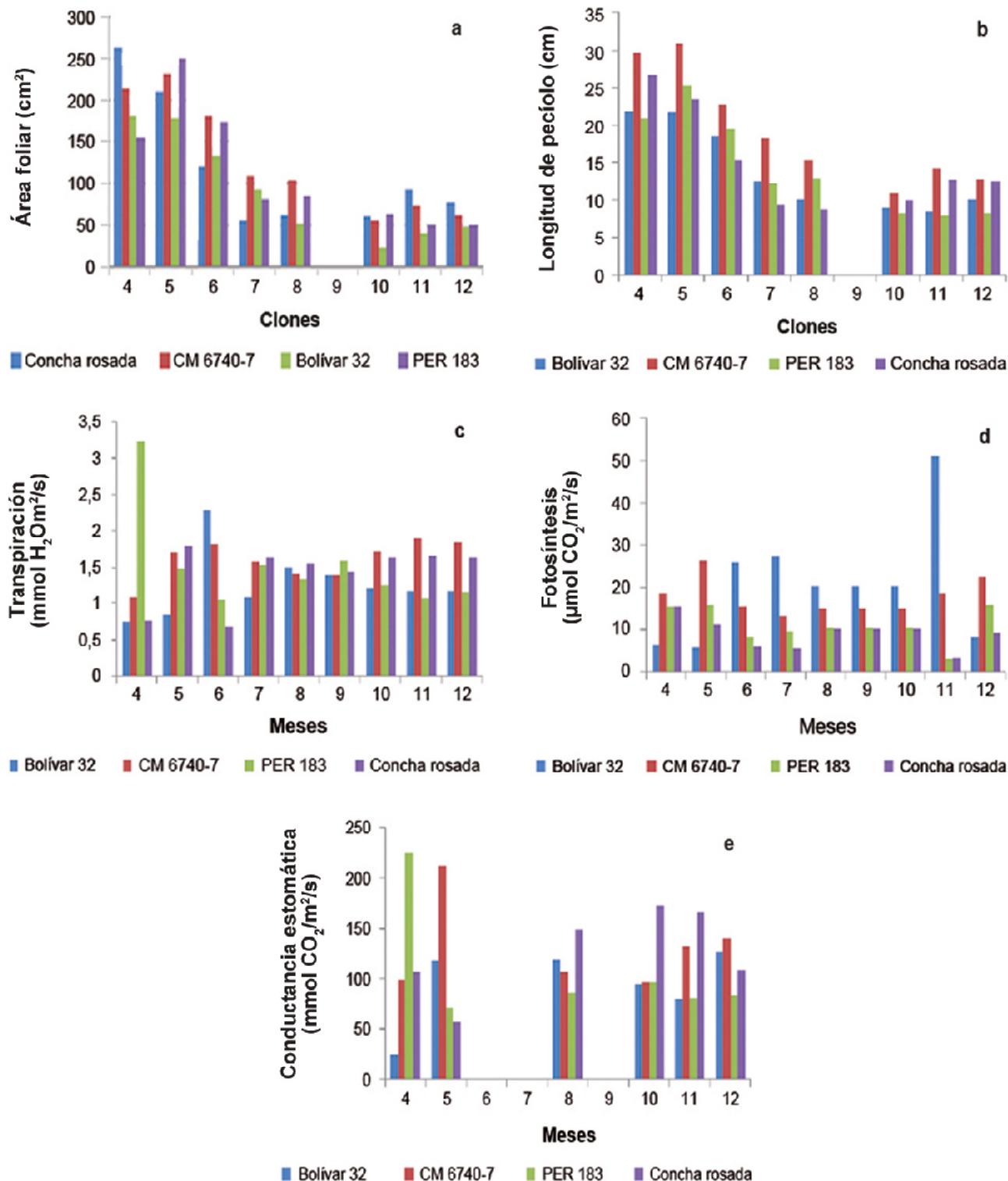


Figura 1. Comportamiento promedio de las variables: a) área foliar, b) longitud del pecíolo, c) transpiración, d) fotosíntesis y e) conductancia estomática, en cuatro clones de yuca durante 9 meses de evaluación.

Colombia y de FAGRO-UCV, respectivamente, observándose portes de bajos a intermedios en ambas colecciones en dos fechas de evaluación.

En lo que respecta a las variables área foliar (AF) y longitud del pecíolo (LP), se observó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para clones, destacándose los clones 12 y concha rosada, y para las interacciones clones y meses evaluados (Figura 1). Las pruebas de medias para ambos factores se muestran en el Cuadro 3 y la Figura 1. Alves (2002) indica diferencias significativas en la variable AF y su interacción con el factor condición de déficit hídrico. Por

su parte, León *et al.* (2013), reportaron para la variable AF a los 3 meses  $209,39 \text{ cm}^2$  y para la LP a los 3 y 6 meses de edad  $25,82$  y  $18,57 \text{ cm}$ , respectivamente.

Referente a las variables de rendimiento, el peso de raíz total estuvo en el orden de  $2,65$  a  $4,383 \text{ kg planta}^{-1}$  y el peso de raíz comercial entre  $1,51$  a  $3,83 \text{ kg planta}^{-1}$ ; mientras que el número de raíces para ambas variables fue de  $8$  a  $10$  y  $2$  a  $6$ , respectivamente.

Esto concuerda con lo reportado por León *et al.* (2013), donde los clones presentaron raíces con pesos totales desde  $0,3$  hasta  $4,66 \text{ kg planta}^{-1}$

Cuadro 2. Prueba de media (Tukey) para las variables de longitud del pecíolo (LP); número de hojas/planta (NHP); altura de planta (AP) y área foliar (AF).

	DMS=1,54794	DMS=34,72175	DMS=0,23117	DMS=19,88304
<b>Variables</b>	<b>Pecíolo (cm)</b>	<b>NHP</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AF (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Clon</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>
CM 6740-7	14,17 A	228,86 B	2,39 AB	73,65 A
Concha rosada	12,67A	181,44 C	2,19 B	92,45 A
Bolívar 32	8,38 B	211,13 BC	2,17 B	49,94 B
Per 183	7,85 B	305,97 A	2,62 A	40,32 B

Medias con una letra común, no son significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ).

Cuadro 3. Prueba de media para las variables longitud del pecíolo; número de hojas/planta (NHP); altura de planta (AP) y área foliar (AF).

	Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,54794	Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=34,72175	Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23117	Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=19,88304
<b>Variables</b>	<b>Pecíolo</b>	<b>NHP</b>	<b>AP</b>	<b>AF</b>
<b>Clon</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>	<b>Medias</b>
Clon 12	14,17 A	228,86 B	2,39 AB	73,65 A
Concha rosada	12,67 A	181,44 C	2,19 B	92,45 A
Bolívar 32	8,38 B	211,13 BC	2,17 B	49,94 B
Clon 2	7,85 B	305,97 A	2,62 A	40,32 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ).

y con valores máximos de raíces comerciales de 3,66 kg planta<sup>-1</sup>; lo que indica que en general, estos materiales mostraron buenos rendimientos, ya que el promedio nacional se encuentra entre 1-3 kg planta<sup>-1</sup> (FEDEAGRO, 2013). De igual forma, Polanco (1998) encontró valores de raíces totales entre 0-14 y 0-8 raíces comerciales. Sobre este aspecto, Marín *et al.* (2008) obtuvo 47,84% de los clones con raíces comerciales y con valores máximos de 4-5.

Entre los caracteres cuantitativos aéreos más importantes se encuentran: cobertura, AF y peso aéreo; debido a que el follaje de yuca tiene un alto potencial para la producción de proteína con valores nutritivos significativos, lo que permite ser suministrado a los animales en forma fresca o como heno (Preston *et al.*, 2012). Es por ello, que en este trabajo se evaluó la variable peso aéreo, obteniéndose valores promedios de 1,8 hasta 3,6 kg planta<sup>-1</sup>; no mostrando diferencias entre los clones, lo que indica que para estos cultivares el ambiente no logró producir ningún efecto sobre esta variable.

### Análisis multivariado por componentes principales

Pla (1986) menciona que no es válido evaluar solo un componente para explicar la variabilidad de los datos. En vista de ello, se encontró que solo 31,6% sintetiza la variabilidad en el primer componente; y aplicando el criterio de selección de componentes principales de Kaiser (Pla, 1986), se utilizaron los dos primeros componentes para un valor de 91,6%.

En la Figura 2 se observa una alta correlación entre las variables, NHP, número de raíces comerciales, AP y peso aéreo; además de la materia seca. Aunque no se encuentre significativamente correlacionada con las variables anteriores, estas caracterizan al Per 183 (Clon 02); mientras que el número de raíces totales, así como, número y peso de raíces no comerciales, están correlacionadas e identifican a los clones Concha rosada y Bolívar 32. Así mismo, las variables conductancia estomática, LP, biomasa de hoja y AF, están correlacionadas entre sí y explican al CM 6740-7 (Clon 12).

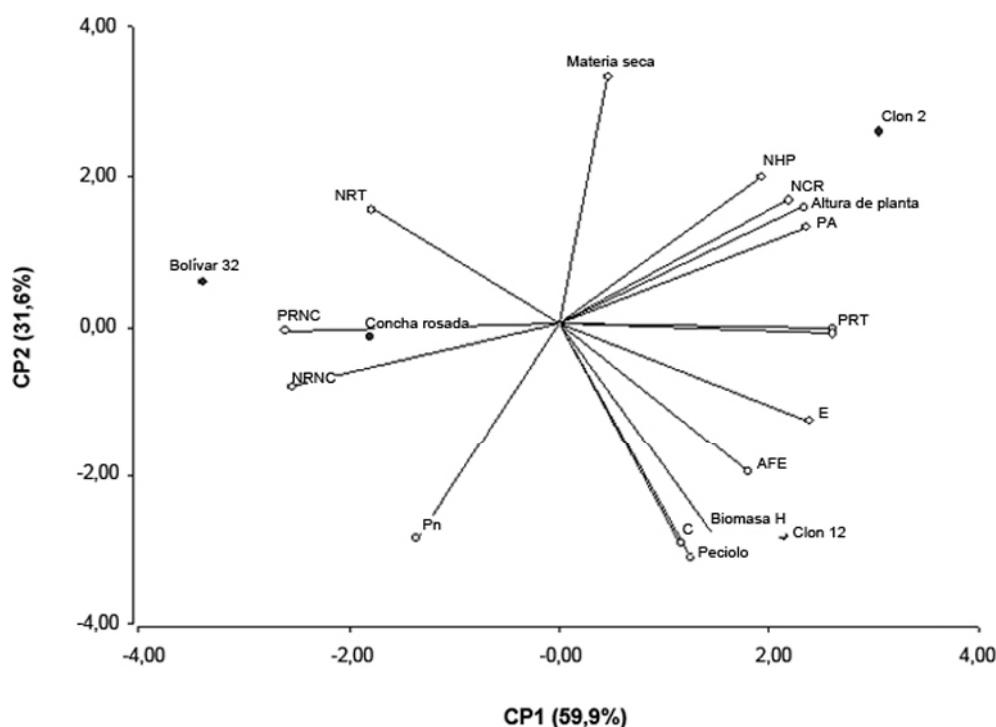


Figura 2. Doble representación de cuatro clones de yuca con las variables evaluadas.

Por último, es importante mencionar que los clones Concha rosada y Bolívar 32, tienen caracteres comunes; pero a su vez estos difieren del Per 183 (Clon 02) y el CM 6740-7 (Clon 12), respectivamente (Figura 2).

## CONCLUSIONES

Los cuatro clones evaluados mostraron el mismo comportamiento para las variables CE, E, F y NHP.

Se presume que este cultivo presente en el comportamiento de una planta con una ruta de asimilación de CO<sub>2</sub> de tipo intermedia C3-C4, por los valores de la tasa de asimilación neta (fotosíntesis).

Los clones mostraron valores para el peso comercial de raíces en el orden de 1,51 a 3,83 kg; lo que comparado con el promedio nacional, confirma la adaptación de los mismos, frente a las diversas condiciones ambientales.

El clon Per 183 difiere de los clones Concha rosada, Bolívar 32 y CM 6740-7, en cuanto a las variables NHP, número de raíces comerciales, AP y peso aéreo; mientras que el número de raíces totales y número y peso de raíces no comerciales, están correlacionadas e identifican a los clones Concha rosada y Bolívar 32. Igualmente, las variables CE, LP, biomasa de hoja y AF están correlacionadas entre sí y explican al CM 6740-7, mostrando una divergencia importante con respecto a los otros tres clones para estas variables.

## LITERATURA CITADA

- Alves A. 2002. Acumulacao de ácido abscísico em Mandioca sob déficit hídrico. EMBRAPA. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 22:5-20.
- Calatayud P., E. Llovera, J.F. Bois and T. Lamaze. 2000. Photosynthesis in drought-adapted cassava. *Photosynthetica* 38(1):97-104.
- El-Sharkawy M.A. 2012. Stress-tolerant cassava: The role of integrative ecophysiology-breeding research in crop improvement. *Open Journal of Soil Science*. 2:162-186.
- El-Sharkawy M.A., J. Cock, J. Lynam, D. Hernández and L. Cadavid. 1990. Relationships between biomass, root-yield and singleleaf photosynthesis in field-grown cassava. 25(3):183-201.
- El-Sharkawy M.A., S. Mejia de Tafur and L. Cadavid. 1992. Potential photosynthesis of cassava as affected by growth conditions. Disponible en línea: <http://openagricola.nal.usda.gov/Record/IND93013773>. [Dic. 05, 2012].
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Base de datos. Disponible en línea: HYPERLINK "http://www.Fao.org/www.Fao.org. [Jun. 08, 2012].
- FEDEAGRO. (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2013. Base de datos. Disponible en línea: HYPERLINK "http://www.fedeagro.org/consumo/raices.asp [Jul. 08, 2013].
- Fuenmayor F., V. Segovia, J.G. Albarrán, A. Rodríguez y W. Cabaña. 2005. Banco de germoplasma de yuca del INIA-CENIAP-Venezuela. Revista Digital CENIAP HOY Número 7 2005. Maracay, Aragua, Venezuela. Disponible en línea: [http://www.cceniap.ggov.vve/ceniaphoy/articulos/n7/arti/fuenmayor\\_f/arti/fuenmayor\\_f.htm](http://www.cceniap.ggov.vve/ceniaphoy/articulos/n7/arti/fuenmayor_f/arti/fuenmayor_f.htm). [Ene. 27, 2014].
- López F. y L. Ramírez. 2006. Caracterización química de hojas y raíces de los clones de yuca del banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Tesis de grado. pp. 8-14
- León R., D. Polanco, P. Zárraga, M. Zambrano, E. Ramos, D. Perdomo y A. Marín. 2013. Caracterización morfológica y agronómica del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Campo Experimental de Revista de la Facultad de Agronomía. (En prensa).
- Marín A., D. Perdomo, J. Albarrán, F. Fuenmayor y C. Zambrano. 2008. Evaluación agronómica morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitroplantas. *INTERCIENCIA*. 33(5):27-35.
- Mejía de Tafur S. 2002. Fisiología de la yuca. La yuca en el tercer Milenio: sistemas modernos

- de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Ceballos H, Ospina B (eds.). Valle del Cauca. pp. 34-45.
- Mejía de Tafur S., M.A. El-Sharkawy and F. Calle. 1997. Photosynthesis and yield performance of cassava in seasonally dry and semiarid environments. *Photosynthetica* 33(2):249-257.
- Montaldo A. y J.J. Montilla. 1996. La yuca frente al hambre del mundo tropical. **In:** La yuca frente al hambre del mundo tropical. A. Montaldo (Compilador). Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultades de Agronomía y Veterinaria pp. 19-34.
- Pla L. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. *Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico* 27:15-26.
- Polanco D. 1998. Caracterización morfológica, agronómica, isoenzimática, contenido de Cianuro y almidón en el banco de germoplasma in vivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la Facultad de Agronomía de la UCV. Trabajo de ascenso. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. pp. 4-32.
- Portuondo M. y E. Ortega. 2012. Parámetros fundamentales del régimen de riego en el cultivo de la yuca clon señorita. Disponible en línea: HYPERLINK "<http://www.aguayriego.com/2012/01/parametros-fundamentales-del-regimen-de-riego-en-el-cultivo-de-la-yuca-clon-senorita/>". [Mar. 02, 2013].
- Preston T., L. Rodríguez, N. Van Lei y L. Chau. 2012. El follaje de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/AGROFOR1/presto24.PDF> [Ene. 20, 2012].
- Ramos E. 2007. Contenido de almidón en el banco de germoplasma de yuca de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Tesis de grado. pp. 25-32.
- Salisbury F. y C. Ross. 1992. Fisiología de las plantas 1. España. Editorial Thomson. Madrid. pp. 99-126.
- Suárez L. y V. Mederos. 2011 Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Trop.* 32(3):27-35.
- Taiz L. y E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Estados Unidos. Editorial Sinauer Associates. California. 105 p.
- Tofiño A., H. Ceballos y H.M. Romero. 2008. Posibilidades de expansión del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el caribe seco colombiano a partir de investigación multidisciplinaria. *Actu Biol.* 30(88):15-27.